

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 04-123600

(43)Date of publication of application : 23.04.1992

(51)Int.Cl.

H04R 17/00

A61B 8/00

G01N 29/24

(21)Application number : 02-242339

(71)Applicant : HITACHI LTD

(22)Date of filing : 14.09.1990

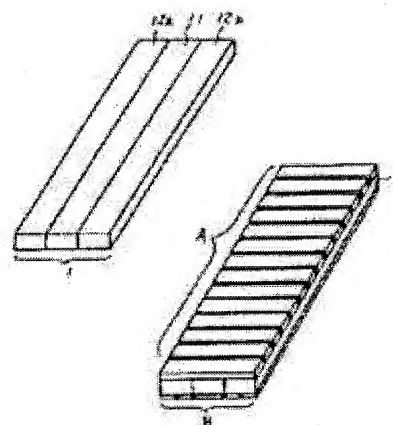
(72)Inventor : MASUZAWA YUTAKA

## (54) ULTRASONIC PROBE

## (57)Abstract:

**PURPOSE:** To obtain a ultrasonic probe in which the electric drive region selectivity is improved whose sensitivity is nearly equal to that of a conventional piezoelectric material by using a piezoelectric material and an electrostriction material whose piezoelectricity is induced by a bias voltage for a vibrator material.

**CONSTITUTION:** A rectangular piezoelectric vibrator 11 made of a piezoelectric ceramic component or the like, and rectangular electrostriction vibrators 12a, 12b made of an electrostriction ceramic component or the like are processed and bonded so that the resonance frequency in the broadwise direction is equivalent to the frequency of an ultrasonic wave radiating or to be received to form a vibrator 1. Then strip shaped electrode arrays A, B are provided so that they are orthogonal to each other on each major face. Since the electrostriction material has a property in which a voltage fluctuation takes place due to a mechanical displacement under a bias electric field, it acts like a piezoelectric material whose conversion efficiency is controlled by a DC bias electric field. Thus, the ultrasonic wave probe is realized in which the electric drive region selectivity is obtained and its sensitivity is nearly equal to that of a conventional piezoelectric material.



⑩ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

平4-123600

⑮ Int. Cl.<sup>5</sup>

識別記号

庁内整理番号

⑬ 公開 平成4年(1992)4月23日

H 04 R 17/00  
A 61 B 8/00  
G 01 N 29/243 3 2 Y  
5 0 27350-5H  
9052-4C  
6928-2J

審査請求 未請求 請求項の数 4 (全6頁)

⑭ 発明の名称 超音波探触子

⑰ 特 願 平2-242339

⑱ 出 願 平2(1990)9月14日

⑲ 発 明 者 鱒 澤 裕 東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地 株式会社日立製作所中央研究所内

⑳ 出 願 人 株式会社日立製作所 東京都千代田区神田駿河台4丁目6番地

㉑ 代 理 人 弁理士 小川 勝男 外1名

## 明 細 書

## 1. 発明の名称

超音波探触子

## 2. 特許請求の範囲

1. 振動子材料の平板の両主面に、互いに直交ないしある角度で交差する短冊状の電極配列A、Bを設けたものを振動子に用いた超音波探触子において、振動子材料に圧電材料とバイアス電圧により圧電性が誘起される電歪材料を用いたことを特徴とする超音波探触子。

2. 請求項1記載の超音波探触子の振動子において、該電極配列AまたはBの中心付近の一電極に接する部分の振動子材料を圧電材料で構成し、その他の部分を電歪材料で構成したことを特徴とする超音波探触子。

3. 請求項1、2記載の超音波探触子の振動子において、シート状有機物の中に多数の柱状の圧電材料または電歪材料がシート面に垂直に埋め込まれた構造の複合材料を振動子材料として用いたことを特徴とする超音波探触子。

4. 請求項1から3に記載の超音波探触子を備えた医用超音波診断装置。

## 3. 発明の詳細な説明

〔産業上の利用分野〕

本発明は、電子走査方式の医用超音波診断装置に用いる超音波探触子に関し、特にその振動子の構成に関する。

〔従来の技術〕

従来、被検体中に超音波パルスを放射し、組織の境界から反射されるエコーを受波してブラウン管等の表示器上に所望の断層像を表示する医用超音波診断装置が周知である。この装置において超音波の送受信を行う超音波探触子は、超音波と電気信号の変換を行う振動子にジルコン酸チタン酸鉛(PZT)系磁器等の圧電材料を用いている。第2図(a)はリニア型電子走査を行う超音波探触子の振動子構成を簡単に示したものである。この探触子においては、圧電振動子11の片面には短冊状に分割されて配列した電極配列Aが形成され、また他方の面には接触電極Eが設けられてい

## 特開平4-123600(2)

る。また圧電振動子11は電極配列Aの各分割に沿って分割される場合もある。

超音波の送受信時には電極A<sub>1</sub>～A<sub>n</sub>のうちから、一群の電極として例えば電極A<sub>1</sub>～A<sub>s</sub>が選択され、送受信回路21と接続される。選択された各電極およびそれに付随する振動子に与えられる送受信信号には異なる遅延時間が与えられ、電子フォーカスが行われる。さらに、超音波の送受信動作を選択する一群の電極の位置を電極配列Aの配列方向に順次移動しながら繰返し、一つの断層面の電子走査を完了する。このような動作を行う超音波探触子において、電子走査を行う方向に対して直交する方向(短軸方向)は電子的にフォーカスできないので、音響レンズ等を用いた固定焦点となっている。従って、電子走査方向の超音波ビームは電子フォーカスにより可変であるために、被検体内の広い深さ範囲に渡って高い収束性を実現できるが、短軸方向での収束は固定の焦点域より外れると収束性が低下する。超音波ビームの収束性の高さが得られる断層像の分解能の高さを決める

ために、断層面の厚さ方向の分解能は、短軸方向での焦点域以外で低下している状態にある。

この点を改善する方法として交差型の電極を振動子に設けた短軸可変口径超音波探触子を用いる方法が特開昭56-21057号に開示されている。この方法で、第2図(a)の接地電極Eを電子走査方向に沿って分割し、第2図(b)に示すように、E<sub>1</sub>～E<sub>s</sub>の3分割あるいはそれ以上の奇数に分割する。このとき圧電振動子11の両面の各電極が互いに直交方向に分割されるよう形成される。この電極構造の振動子を用いて撮像を行う場合には、被検体内において探触子に近距離にある部分の撮像時には電極E<sub>1</sub>のみを接地し、短軸方向において超音波送受信を行う口径幅を電極E<sub>1</sub>の幅に限定し、また、遠距離にある部分の撮像時には電極E<sub>1</sub>～E<sub>s</sub>の全てを接地し超音波送受信を行う口径幅を短軸の全幅とする。これは、短軸方向の超音波ビームの収束域が小口径時には探触子の近距離に移動することを応用するものであり接地電極Eの分割数を増やせば、短軸方向の超音波ビー

ムの収束域の移動を細かく制御できるとされている。

しかし、この交差型電極を備えた振動子を圧電材料で構成し、電極交差部分のみを駆動して超音波を送受信しようとする、電極配列A、Eの中から各々選択した電極の交差部分以外の部分でも、電氣的に半選択状態になるために励振され、結果的に短軸方向の振動子口径の選択性が悪化する問題があった。

この短軸方向の振動子口径の選択性悪化を改善する方法として、バイアス電界により圧電性が誘起される電歪材料を振動子材料に用いる方法が「特開昭62-84697号」に開示されている。この方法では、第2図(b)で示される振動子構成において、圧電振動子11の圧電材料の代わりに電歪材料を用いる方法である。この方法において短軸口径を小口径で駆動する場合には、電極E<sub>1</sub>に直流バイアス電圧を印加し、E<sub>2</sub>、E<sub>s</sub>は接地する。これにより、電極E<sub>1</sub>と対面の電極配列Aの間に直流バイアス電界が印加され、圧電性が誘起され

るために電極E<sub>1</sub>の幅の部分だけが励振されて振動子として機能する。また、短軸口径を大口径で駆動する場合には、電極E<sub>1</sub>～E<sub>s</sub>全てに直流バイアス電圧を印加し、短軸方向の全幅が振動子として機能する。この技術においては、振動子の全部分を電歪材料で構成しているため、短軸口径の小口径部分は常に超音波送受信に用いられるにも係らずバイアス電圧を印加する必要がある。

〔発明が解決しようとする課題〕

上記従来技術において、「特開昭56-21057」では交差型の電極配列を備えた振動子を電気音響変換部に用いた超音波探触子の動作原理あるいは探触子の基本的構成について開示されている。しかし、この技術では圧電振動子を振動子材料に用いた場合の著しい選択性の低下を考慮し、実際にそれを補う手法は検討されていなかった。また、「特開昭62-84697号」においては、交差型の電極配列を備えた電歪材料の振動子で構成された超音波探触子が開示されているが、短軸可変口径探触子の動作条件を考慮した振動子構成は考慮されて

## 特開平4-123600(3)

いなかった。このため、従来の技術では短軸口径の小口径部分は常に超音波送受信に用いられるにも係らずバイアス電圧を印加する必要があるため、探触子の駆動回路にはより厳しい条件が求められる。短軸可変口径探触子を用いた超音波撮像装置は実用的な回路構成がとれないために実現出来なかった。また、バイアス電圧を印加する回路の動作条件によっては、電歪材料に誘起できる圧電性が従来の圧電材料に比較して若干不足する問題もあった。

本発明の目的は交差型の電極配列を設けた振動子を用いた超音波探触子において、電気的な駆動領域選択性を改善し、かつ感度を従来の圧電材料と同程度に有する超音波探触子を提供することにある。

また、本発明の他の目的は交差型の電極配列を設けた振動子を用いた短軸可変口径超音波探触子において、電気的な駆動領域選択性を改善し、感度を従来の圧電材料と同程度にできる超音波探触子を提供することにある。

列Bと直交する方向に分割されており、リニア型あるいはセクタ型の電子走査に必要な各チャネルの振動子の幅及び数で分割され、各電極は超音波送受信を行う電子走査回路群と接続される。

## 〔作用〕

電歪材料はバイアス電界のもとでのみ機械的変位により電圧の変動が生じる性質を有するため、直流バイアス電界により変換効率が制御できる圧電材料とみなせる。第1図(b)に示すように構成した振動子に、第2図(a)のように超音波送受信回路21を接続すれば電子走査による断層面撮像が可能となる。第1図(b)に示すように構成した振動子において、電極配列Bの全てを接地すれば、電子走査方向と直交する方向(短軸方向)においては、圧電振動子11で構成した部分の幅だけが振動子として超音波の送受信に関与し、電歪振動子12a, 12bで構成されている部分は圧電性を有しえないので超音波の送受信に関与しない。これにより、超音波振動子の短軸方向の幅を実効的に中心部分の圧電振動子11の幅だけに

また、本発明の他の目的は上記の超音波探触子の振動子材料を提供することにある。

また本発明の他の目的は上記超音波探触子の適用装置を提供することにある。

## 〔課題を解決するための手段〕

上記目的を達成するために、第1図のように超音波探触子の振動子を構成する。まず、第1図(a)のように矩形の圧電振動子11の両脇にバイアス電界により圧電性が誘起される電歪振動子12a, 12bを並べた構成とし、それらを一体とした振動子1を構成する。次に第1図(b)のように、各主面において互いに直交するように短冊状の電極配列A, Bを設ける。電極配列Bは一方の主面において、圧電振動子11と電歪振動子12a, 12bの境界に沿う方向に分割される。電極配列Bの中心の電極は圧電振動子11の片面を全て覆うように構成され、接地点と接続される。電極配列Bのその他の電極は全て電歪振動子12a, 12bの片面の電極となっており、バイアス電圧印加回路と接続される。また電極配列Aは電極配

制限したことになる。また、電極配列Bの中心の電極以外の電極を接地点への接続からバイアス電圧印加回路への接続へ切り替えると、電歪振動子12a, 12bで構成されている部分の一部あるいは全てが、バイアス電圧の印加により圧電材料と同様に機能する。これにより、短軸方向の振動子の幅は、接地点への接続とバイアス電圧印加回路への接続との切り替えにより可変となり、交差電極を設けた振動子構成による短軸可変口径探触子が動作可能となる。

## 〔実施例〕

次に本発明の実施例を説明する。

第1図(a)に示すように、圧電磁器組成物(例えばチタン酸鉛-ジルコン酸鉛系固溶体セラミクスなどの強誘電体)等よりなる矩形の圧電振動子11と電歪磁器組成物(例えば $Pb(Mg_{1/2}, M_{1/2})O$ ,  $-PbTiO_3$ 系固溶体セラミクスなどの緩和型強誘電体において、強誘電体への相転移温度が比較的室温の付近にある組成物など)等よりなる矩形の電歪振動子12a, 12bをそれ

## 特開平4-123600(4)

それ厚み方向の共振周波数が放射あるいは受波する超音波の周波数に相当するように加工して接合し、振動子1とする。このとき、電歪振動子12a、12bはその長手方向の大きさは圧電振動子11とほぼ同一である。また、圧電振動子11と電歪振動子12a、12bの厚みは異なっているが、12a、12bの厚みは同一である。

次に第1図(b)のように、各主面において互いに直交するように短冊状の電極配列A、Bを設ける。電極配列Bは一方の主面において、圧電振動子11と電歪振動子12a、12bの境界線に沿う方向で平行に分割される。電極配列Bの中心の電極は圧電振動子11の片面を全て覆うように形成される、超音波探触子の動作時は接地点と接続される。電極配列Bのその他の電極は全て電歪振動子12a、12bの片面の電極となっており、動作時はバイアス電圧印加回路と接続される。また電極配列Aは電極配列Bと直交する方向に分割されており、リニア型あるいはセクタ型の電子走査に必要な振動子の幅及び数で分割され、動作時

は超音波送受信を行う電子走査回路群と接続される。これらの電極は例えば銀粒子の焼き付けや銅、ニッケルなどの無電解鍍金により形成しても良い。

第3図はリニア型の電子走査を行う場合の振動子1と探触子周辺回路の接続を示す概念図である。まず、撮像の開始時点で電極A<sub>1</sub>～A<sub>n</sub>のうちから、一群の電極として電極A<sub>1</sub>～A<sub>s</sub>が選択される。送受信回路21と接続される。この時に同時に選択される電極の数はこの図の例に限らず、n個より少ない数の範囲で任意である。選択された各電極に付随する振動子1の一部分に与えられる送波信号すなわち振動子の励振パルスには遅延回路部21により異なる遅延時間が与えられ、送波時の電子フォーカスが行われる。これにより超音波探触子と接する被検体内の焦点領域に超音波パルスが収束する。この後、被検体内において探触子の近傍の領域より順次反射される超音波エコーが再び振動子1を励振し送受信回路21の入力となる。遅延回路211は電極A<sub>1</sub>～A<sub>s</sub>に対応する各チャネルより入力される超音波エコー受信信号より被

検体内の各点からのエコー受信信号となるように刻々と各チャネルの遅延時間を変更し、送受信回路21は受信信号の整相加算を行う。この動作を同時選択する電極をA<sub>2</sub>～A<sub>n</sub>に変更して接続したあとに再び繰り返す。

こうして超音波の送受信動作の時点で同時に選択する一群の電極の位置を電極配列Aの配列方向に順次移動しながら繰返し、一つのBモード断層面の電子走査を完了する電子走査方法がセクタ型の場合には、電極A<sub>1</sub>～A<sub>n</sub>は全て送受信回路21に接続され各電極に対応するチャネルの超音波送受信信号に与える遅延時間を収束に関する成分と偏向に関する成分で構成して振動子1全体で超音波の送受信を行う。偏向角を刻々と変化させた超音波送受信動作により扇型の断層面が走査される。これらの動作時において電極配列B<sub>1</sub>～B<sub>s</sub>は接地側電極の機能を担う。電極B<sub>1</sub>～B<sub>s</sub>のうち、中心の圧電振動子に接する電極B<sub>2</sub>は接地され、その他の電極はバイアス電圧印加回路31に接続される。

電極B<sub>1</sub>と電極配列Aとで挟まれる圧電振動子11は常に超音波の送受信能を有するが、電極B<sub>1</sub>、B<sub>2</sub>、B<sub>4</sub>、B<sub>s</sub>と電極配列Aで挟まれる電歪振動子12a、12bの超音波の送受信能は、バイアス電圧印加回路31の動作状態により変化する。電歪材料はバイアス電圧の印加されたもとのみ圧電性すなわち超音波送受信能を有するため、バイアス電圧印加回路31内部の同流電圧源と電極B<sub>2</sub>、B<sub>4</sub>さらには電極B<sub>1</sub>、B<sub>s</sub>が接続状態となれば、電子走査方向(電極配列Aの配列方向、長軸方向)と直交する方向(短軸方向)の振動子口径が実効的に増加する。また、電極B<sub>1</sub>、B<sub>2</sub>、B<sub>4</sub>、B<sub>s</sub>がバイアス電圧印加回路31内部の接地点と接続状態となれば、電歪振動子12a、12bは圧電性を失い、超音波送受信能を有せず、電気的には付帯する容量としてのみ働く。超音波の送受信動作時には、電極B<sub>1</sub>、B<sub>2</sub>、B<sub>4</sub>、B<sub>s</sub>はバイアス電圧印加回路31内部の直流電圧源あるいは接地点の何れかに接続されている。電極配列Bの分割数は本実施例の5分割に限らず、3以上の任意

## 特開平4-123600(6)

の奇数個に分割される。Mを自然数とすると電極配列Bは $2M+1$ 個に分割され、第3図においてはMが2の場合に相当する。

このとき、電極配列Bが $B_1 \sim B_{2M+1}$ よりなるとすると、中心の電極 $B_{M+1}$ は圧電振動子11と接しており、常に接地点と接続される。また、LをM以下の自然数とすると、電極 $B_{M+1+L}$ 及び電極 $B_{M+1-L}$ は一緒にバイアス電圧印加回路31に接続される。これによりバイアス電圧印加回路31に接続される配線数はM本減少する。このことは、圧電振動子11に接する中心の電極の左右の電極を中心より順に左右1本ずつ束ねることを意味する。

第3図の場合の振動子で行う短軸可変口径動作では、3段階の撮像動作により一断層面の撮像を行う。まず、被検体内において探触子の近距離領域での超音波送受信時には電極B全てを接地し、短軸方向において超音波送受信を行う口径幅を電極B<sub>1</sub>の幅(圧電振動子11の幅)に限定する。被検体内の中距離領域での超音波送受信には電極

$B_2, B_3$ だけをバイアス電圧印加回路31内において直流電圧源に接続して、短軸方向の実効的口径幅を増加させる。さらに、被検体内の遠距離領域での超音波送受信では、電極 $B_1, B_2, B_3, B_4$ をバイアス電圧印加回路31内において直流電圧源に接続し、振動子1の短軸方向の全幅を短軸口径として動作させる。これは、短軸方向の超音波ビームの収束域が小口径時には探触子の近距離に移動することを応用するものであり、電極Bの分割数を増やせば、短軸方向の超音波ビームの収束域の移動を細かく制御できる。これにより、短軸方向の超音波ビームの収束域がシリコンゴムなどで形成された機械的音響レンズにより固定になっていた従来の超音波探触子に比べて、短軸方向の超音波ビームの収束域の移動を制御できるようになるため、得られるBモード断層像の厚み方向の分解能が改善された。

本実施例では、振動子を圧電磁器組成物及び電歪磁器組成物により構成したが、磁器平板に限らず、第4図に示すような複合材料を用いることも

可能である。複合材料41は、圧電あるいは電歪磁器組成物の微小柱42を高分子体43(例えばポリウレタン)中に規則正しく配列したものをを用いる。複合材料により作られた振動子は、矩形板の磁器振動子に比べて電気機械結合係数を向上できる。また、機械的共振のQ値が下がり、超音波送受の際のパルス幅を短くするため分解能が向上する。また、複合材料音響インピーダンスは磁器組成物に比べ小さいので音響的整合がとりやすい。この複合材料の両主面の蒸着や無電解鍍金などにより電極を形成し、上述の実施例と同様な電極が形成できる。この複合材料を振動子材料として用いれば、振動子全体の形状を短軸方向に沿って凹面状になるように形成し、機械的音響レンズを省いた探触子構造が実現できる。

## 〔発明の効果〕

本発明によれば、Bモードエコーグラフィーにより被検体内部の断層像を得る医用超音波診断装置に関して、断層像の厚み方向の分解能を向上できる短軸可変口径探触子が容易な構成で提供され

る。

## 4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明の探触子の振動子の構成と電極構造を説明する図、第2図は従来の圧電振動子を用いた超音波探触子の動作を説明する図、第3図は本発明の振動子を用いた場合の動作方法を説明する概念図、第4図は複合圧電材料あるいは複合電歪材料の構造を説明する図である。

1…振動子、11…圧電振動子、12a, 12b…電歪振動子、21…送受信回路、211…遅延回路部、31…バイアス電圧印加回路、41…複合材料、42…圧電あるいは電歪磁器組成物、43…有機物樹脂、A, B…電極配列、E…接地側電極。

代理人 弁理士 小川勝男



特開平4-123600(6)

